

10/561426

PCT/JP2004/008620

26.07.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

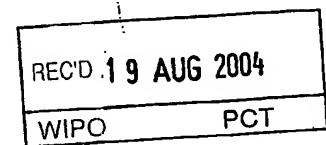
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 4 5 8 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 8 4 5 8 2]

出 願 人 株式会社セルクロス
Applicant(s):

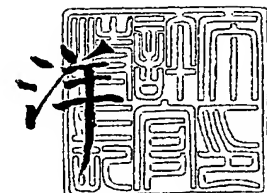


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 6 2 4 8 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 Z016-0009
【提出日】 平成15年 7月31日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B25J 19/02
G01L 1/00
H04B 14/00

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッスル溝ノ口ヴ
ィレッジ 3 0 3
【氏名】 篠田 裕之

【特許出願人】
【識別番号】 503054096
【氏名又は名称】 株式会社セルクロス

【代理人】
【識別番号】 100105924
【弁理士】
【氏名又は名称】 森下 賢樹
【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 091329
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

信号を伝達するための第 1 信号層および第 2 信号層に接続した複数の通信素子を備えた通信装置であって、

第 1 信号層は、通信素子と接続する低抵抗領域と、高抵抗体を介して低抵抗領域に容量結合する容量結合用導体とを備え、通信素子間の信号伝達が容量結合用導体を介して行われることを特徴とする通信装置。

【請求項 2】

低抵抗領域は通信素子ごとに設けられ、低抵抗領域同士の間には高抵抗体が設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

通信装置における接地層と電源層の間において、容量結合用導体は、高抵抗体を挟んで低抵抗領域に重なる位置に設けられることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】

容量結合用導体は、通信素子から送信された信号を、隣接する通信素子が接続する低抵抗領域に伝達することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 5】

通信素子と接続しない低抵抗領域を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の通信装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号を伝達する通信装置および信号の伝達を実現するための通信装置に関し、特に複数の通信デバイスを用いて信号の伝達を行う通信技術に関する。

【背景技術】

【0002】

LAN (Local Area Network) や WAN (Wide Area Network) などの通信ネットワークにおいて、複数の通信端末が同軸ケーブルや光ファイバなどにより接続されている。これらの通信端末は、ネットワーク中のアドレスを指定することにより、所望の通信端末に信号を伝達する。従来のネットワークは、通信端末同士を有線にて接続することが一般であり、近年では、これを無線で接続するシステムも提案されている。例えば、移動デバイスであるノードの全てが所定の伝送半径をもち、ノード間で無線通信を行うアドホックネットワークが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2001-268127号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

通信ネットワークや実装基板においては端末や素子などを個別配線により一対一の関係で物理的に接続しているため、仮に配線が切断された場合には信号を伝達することができなくなり、通信機能が停止する事態も生じうる。

【0004】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、新規な通信装置に関する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明の態様は、信号を伝達するための第1信号層および第2信号層に接続した複数の通信素子を備えた通信装置であって、第1信号層は、通信素子と接続する低抵抗領域と、高抵抗体を介して低抵抗領域に容量結合する容量結合用導体とを備え、通信素子間の信号伝達が容量結合用導体を介して行われることを特徴とする通信装置を提供する。第1信号層および第2信号層は、通信素子と電氣的または電磁的に接続すればよく、また接触してもよい。

【0006】

低抵抗領域は通信素子ごとに設けられ、低抵抗領域同士の間には高抵抗体が設けられることが好ましい。通信装置における接地層と電源層の間において、容量結合用導体は、高抵抗体を挟んで低抵抗領域に重なる位置に設けられることが好ましい。容量結合用導体は、通信素子から送信された信号を、隣接する通信素子が接続する低抵抗領域に伝達することが好ましい。

なお、本発明の表現を装置、方法、システムまたはプログラムの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、容量結合用導体を介した通信素子間の通信を実現できることにより、伝達信号振幅の周波数依存性による信号伝達の信頼性を劣化を低減することができ、また通信装置の製造を容易なものとすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

<第1の実施例>

図1は、本発明の実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。この通信方

式を連鎖伝達型の通信方式と呼ぶ。小さな円で示す複数の通信素子が空間内に分散して配置されている状態が示される。各通信素子は、その周辺に配置された他の通信素子に対して信号を伝達する局所的な通信機能を有する。この局所的な通信により隣り合う通信素子間で信号を順次連鎖的に中継し、最終目的地である通信素子まで信号を伝達する。

【0009】

信号の送信元が通信素子 200a であり、最終目的地が通信素子 200b である場合、連鎖伝達型通信方式によると、信号が通信素子 200a から通信素子 200c および 200d を介して通信素子 200b に伝達される。信号の伝達方法としては、例えば通信素子 200a が、信号が届く範囲にある周辺の全ての通信素子に信号を伝達し、この信号を受けた全ての通信素子が更に周辺の通信素子に信号を伝達することによって、信号を最終目的地まで同心円状に伝達させてもよい。さらに好ましい方法としては、通信素子 200a および 200b 間の経路を予めまたはリアルタイムで設定し、この経路により特定の通信素子のみを介して信号を伝達してもよい。特に後者の方法を採用する場合には、信号伝達に必要な通信素子のみが発信するため、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子の通信に対する干渉を低減することも可能となる。

【0010】

空間内に複数の通信素子が存在し、この空間内には通信素子間を物理的に接続するための個別配線が形成されていないことが好ましい。例えば、これらの通信素子は、平坦な導電層または導電性基板、交流信号を伝達可能な電磁作用伝達層などに接続されてもよく、また無線により信号の送受が行えるように構成されてもよい。信号の送信は、導電層における電荷の放出により実現されてもよく、また光や電磁波を放出することにより実現されてもよい。ここで通信素子は、チップとして構成されるものに限定されず、本発明の実施例において説明する通信機能を備えたものを含む概念であり、その形態および形状は問わない。

【0011】

各通信素子は、信号の伝達可能な距離（以下、「有効通信距離」とも呼ぶ）を比較的短く設定されていることが好ましい。信号の通信距離を長くすることは、それだけ電力消費量を大きくし且つ通信に寄与しない他の通信素子に対して悪影響を及ぼす可能性がある。連鎖伝達型の通信方式によると、自身の近傍に存在する通信素子に信号を伝達できれば十分であるため、有効通信距離は周辺の通信素子までの平均距離に応じて設定されることが好ましい。

【0012】

本発明の通信技術は、様々な用途に応用することができる。例えば、LSI やメモリなどの電子部品（回路素子）に本発明の通信機能をもたせることによって、各電子部品を個別に配線することなく、複数の電子部品を基板実装する技術を提供することが可能である。また、近年、皮膚の感覚を持つロボットの研究が盛んに行われているが、ロボットの触覚センサに本発明の通信機能をもたせ、触覚センサの検知情報をロボットの頭脳コンピュータに送信する技術を提供することも可能である。また建物の床に本発明の通信機能を有するセンサを点在させることにより、一人暮らしの老人の行動を監視したり、留守中の防犯に役立てることも可能である。また、発光素子に本発明の通信機能をもたせることにより、布状の表示装置などを製造することも可能となる。また、タグに本発明の通信機能をもたせることにより、安価で精度のよい情報の読み取りを可能とするタグを作製することも可能となる。さらに無線通信素子に本発明の通信機能をもたせて例えばコンピュータにそれを装備させ、無線通信素子の近傍に相手方のコンピュータの無線通信素子を配置することによって、コンピュータ間の情報の送受信を容易に行うことも可能となる。また自動車の導電性内壁に本発明の通信機能を備えた通信素子を埋め込み、煩わしい個別配線を不要とした通信装置を実現することも可能となる。

【0013】

この通信技術は、比較的短い距離に配置された通信素子間で信号を伝達するため、距離による信号の減衰および劣化が少なく、高いスループットでノード数によらない高速伝送

を可能とする。また空間内に多くの通信素子を分散して配置させることにより、センサなどの所定の機能をもつチップとの情報交換媒体として広範囲の信号伝達領域を実現する。また、通信素子を比較的自由的な位置に配置することができるため、簡易な設計により所望の機能を備えた人工皮膚や表示装置などを生成することも可能である。また配線などの基板回路設計を不要とし、少ないプロセスで基板回路を製造することも可能である。通信素子を導電層で挟持する場合には電磁ノイズ放射がなくなるため、特に病院などの公共性の高い場所においてはその有用性が高い。さらに、導電層などに障害が生じた場合であっても、チップ間の経路を再設定することができ、新たな通信経路を確立することができるという自己修復機能もあわせ持つ。

【0014】

図2は、本発明の第1の実施例にかかる通信装置100の外観構成を示す図である。この通信装置100においては、複数の通信素子200が2枚の導電層16および18によって挟持されている。各通信素子200は、この2枚の導電層16および18に電気的に接続される。導電層16および18は、単層構造を有していても、また多層構造を有していてもよく、この例では二次元的に一面に広がった構成を有している。なお、導電層16および18は、全体の構造として絶縁体でなければよく、ある程度のシート抵抗を有する層を含んでもよく、また高い抵抗を有する層を含んでもよい。なお、導電層16および18は、絶縁体を含んで構成されてもよい。また、導電層16および導電層18の構造は、同一でなくてもよく、例えば一方が良導層であるグランド層として存在し、他方がある程度の抵抗を有する信号層として存在してもよい。また、多層構造を有する場合には、複数の層の抵抗値はそれぞれ異なって構成されてもよい。図2は、通信素子200が挟持されていることを説明するために、導電層16と導電層18とが開いた状態を示す。

【0015】

例えば、本発明による通信装置100をロボットの表面を覆う人工皮膚として応用する場合、導電層16および18を導電性のゴム材料により形成する。可撓性のあるゴム材料で人工皮膚を形成することにより、この人工皮膚はロボットの動作に合わせて自在に伸縮することが可能となる。また、個別配線が存在せず、伸縮性のある導電層16および18を介して信号を伝達するため、断線などにより通信機能に障害が生じる可能性を低減し、安定した通信能力を提供することも可能となる。また、本発明による通信装置100を回路基板として応用する場合、導電層16および18を導電性のゴム材料で形成することによって、フレキシブルな回路基板を実現することも可能となる。なお、前記したように、導電層16または18が多層構造を有する場合には、各層が導電性のゴム材料で構成されることが好ましい。

【0016】

各通信素子200は通信機能以外に、さらに他の機能を有していてもよい。通信装置100をロボットの人工皮膚として応用する場合には、通信素子200のいくつかが触覚センサとしての機能も有し、外部から受けた刺激を検出した後、他の通信素子と協同して検出した信号を目的の通信素子まで伝達する。また通信装置100を基板の実装技術として応用する場合には、通信素子200が、例えばLSIやメモリなどの回路素子としての機能を有してもよい。このように、本明細書において「通信装置」は少なくとも通信機能を有する装置の意味で用い、これに付加した他の機能、例えば人工皮膚としてのセンサ機能や電子回路としての演算機能などを有してもよいことは、当業者に理解されるところである。

【0017】

図3は、通信素子200の機能ブロック図である。通信素子200は、通信部50、処理部60およびメモリ70を備える。通信部50は、導電層16および18（図2参照）を介して、他の通信素子との間で信号の送受を行う。処理部60は、通信素子200の通信機能を制御する。具体的に処理部60は、周囲の信号の監視、受信信号の解析や、送信信号の生成および送信タイミングの制御など、他の通信素子200との間の信号伝達に関する行為を行う。また処理部60は、センサ機能や演算機能など通信機能以外の他の機能

を実現してもよい。メモリ 70 は、通信機能や他の機能を実現するために必要な情報を予め記録し、また必要に応じて記録していく。

【0018】

図 4 (a) は、通信装置 100 の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイス 300 の構造の一例を説明するための図である。本明細書において「通信デバイス」は、局所的な通信機能を実現する構造の意味で用いる。

【0019】

この例において通信デバイス 300 は、信号を伝達するための第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 と、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に電磁的に接続する通信素子 200 と、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の間に配置される誘電層 22 とを備える。図示のごとく、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 は、誘電層 22 および複数の通信素子 200 を挟持する。通信素子 200 と誘電層 22 は、電磁的に接続する。第 2 信号層 30 は接地されたグランド層であってもよい。

【0020】

通信デバイス 300 は、信号を発信するために、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の通信素子 200 側の表面から、電荷の吸出しおよび放出を繰り返し、交流電流 I を発生させる。層厚などの条件を適宜定めることにより、交流電流 I により発生する電磁場を誘電層 22 に閉じ込めることができ、電磁波動を誘電層 22 内で 2 次元放射状に伝達させることができる。第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に流れる電流は、誘電層 22 側の表面付近のみを流れ、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の電気伝導率によって、電磁波動の伝達距離がきまる。これらの電気伝導率が大きいほど、減衰は小さく、伝達距離、すなわち有効通信距離が長くなる。

【0021】

第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 は、金属や導電性ゴム材料などの導体により構成されてよいが、誘電体により構成されてもよい。第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 が誘電体で構成される場合、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 は、誘電層 22 の誘電率よりも小さい誘電率を有する材料から構成される。これにより、誘電層 22 内に電磁場を閉じ込めることが可能となる。なお、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 は、空気や真空のような構成をとってもよい。

【0022】

通信素子 200 は電荷の充放電を行うためのコンデンサを有してもよい。また電磁場を発生させる交流電流 I は、均一な電流であってもよいが、変位電流であってもよい。なお電磁場を発生させるために、レーザーや LED による光などの電磁波を用いることも可能である。

【0023】

図 4 (b) は、局所的通信を実現する通信デバイス 300 の構造の別の例を説明するための図である。この例では、通信デバイス 300 が、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 と、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に電磁的に接続する通信素子 200 と、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の間に配置される誘電層 22a および 22b と、誘電層 22a と誘電層 22b との間に配置される導電層 24 を備える。通信デバイス 300 がこのような構造をとった場合であっても、通信素子 200 中に交流電流を発生させることにより、電磁場を利用した通信が可能となる。

【0024】

図 5 (a) は、本実施例における通信デバイス 300 が信号を発信する基本原理を説明するための図である。通信デバイス 300 は、スイッチ 26 を交互に切り替えて、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の間で電荷の吸出し、放出を行い、交流電流を生じさせることにより、電磁場を発生させる。この電磁場は、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に挟持される誘電層 22 中を伝わって、近傍に位置する通信デバイス 300 まで伝達される。

【0025】

図5(b)は、通信デバイス300が信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。通信デバイス300は、一組のスイッチ26aおよびスイッチ26bを同時に交互に切り替えることにより、第1信号層20および第2信号層30の間に交流電流を発生させ、電磁場を発生させる。

【0026】

図6は、通信デバイス300の構造の実現例を示す。この通信デバイス300は、図4(a)に示した構造と同様に、第1信号層20および第2信号層30と、第1信号層20および第2信号層30に電磁的に接続する通信素子200と、第1信号層20および第2信号層30の間に配置される誘電層22とを備える。第1信号層20および第2信号層30は、誘電層22および複数の通信素子200を挟持し、通信素子200および誘電層22は電磁的に接続されている。第2信号層30は接地されたグラウンド層であってもよい。

【0027】

第1信号層20には、第1信号層20よりも高い抵抗値を有する高抵抗層42が電気的に接続され、この高抵抗層42には、通信素子200に電力を供給する電源層44が電気的に接続されている。図示のとおり、高抵抗層42および電源層44は、この順に第1信号層20上に積層される。誘電層22は、第1信号層20と第2信号層30の間において電流が定常的に流れる状態を回避する役割ももつ。電源層44と、グラウンド層として作用する第2信号層30は、その抵抗値が非常に小さくなるように形成される。第1信号層20には、電源層44から、図示しない電力経路を通じて電力が印加される。第1信号層20と電源層44との間に高抵抗層42を介在させることにより、第1信号層20の全面に電力が供給される状態を防止し、通信素子200からの発信信号が近傍の通信素子200のみに伝達されるように通信装置100を構成することができる。

【0028】

図7(a)は、通信デバイス300を実現する回路動作の概要を示す。通信デバイス300は半導体製造技術を用いてシリコン上に形成されてもよい。通信デバイス300は、pMOSとnMOSを並列接続したMOSスイッチなどのスイッチ26を有し、スイッチ26は、通信素子200と、グラウンド層である第2信号層30および電源層44との電磁的な接続を交互に切り替える。具体的には、スイッチ26が、送信すべき信号の論理値に応じて、第1信号層20および第2信号層30の接続と、第1信号層20および電源層44の接続とを切り替え、電磁波動として信号を発信する。入力部52には、送信すべき信号の論理値に応じた電圧が印加され、スイッチ26によるスイッチング動作が実行される。通信素子200内の処理部60(図3参照)が入力部52に入力信号を供給する。

【0029】

スイッチ26によるスイッチング動作の結果、第1信号層20から第2信号層30に、また電源層44から第1信号層20に電流が発生し、第1信号層20と第2信号層30の間に存在する誘電層22、および電源層44と第1信号層20の間に存在する高抵抗層42において、2次元放射状に広がる電磁場が発生する。このとき、高抵抗層42は誘電層として作用する。この電磁場は、隣接する通信素子200に伝播される。

【0030】

隣接する通信素子200は、電磁場の変化を観測し、信号を検出する。隣接する通信素子200は、誘電層22において発生した電磁場から信号を検出してもよく、また高抵抗層42において発生した電磁場から信号を検出してもよい。なお、通信素子200は、誘電層22および高抵抗層42の両方において発生した電磁場から信号を検出してもよい。誘電層22および高抵抗層42における電磁場をそれぞれ検出し、誘電層22および高抵抗層42における電磁場の差分を検出することによって、信号を高い精度で検出することが可能となる。差分をとることにより、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN比をあげることができる。この場合、通信素子200は、高抵抗層42における信号を受信するための構造をもつ必要がある。

【0031】

図8は、誘電層22および誘電層43における電磁場の変化を観測できる通信素子20

0を備えた通信デバイス300を示す。この通信デバイス300は、グラント層である第2信号層30および電源層44と、第2信号層30および電源層44に電磁的に接続する通信素子200と、第2信号層30および電源層44の間に積層された誘電層22、第1信号層20、誘電層43を備える。通信素子200は、誘電層22および誘電層43に、電場または電磁場を発生させることにより信号を発信する。通信素子200は、第2信号層30および電源層44に挟持され、周囲を誘電層22、第1信号層20および誘電層43に囲まれて構成される。誘電層22、第1信号層20および誘電層43は、通信素子200に電磁的に接続している。この構造により、通信素子200は、誘電層22および誘電層43における電場または電磁場をそれぞれ検出し、誘電層22および誘電層43における電場または電磁場の差分を検出することによって、信号を高い精度で検出することが可能となる。差分をとることにより、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN比をあげることができる。第1信号層20と、電源層44および第2信号層30の間に図7(a)のようなスイッチ26を設けることにより、第1信号層20と電源層44、および第1信号層20と第2信号層30の間をショートすることができ、第1信号層20の電位をふりやすくなる。これは、通信素子200が電源層44およびグラント層である第2信号層30に接続したことの利点である。

【0032】

図7(b)は、第1信号層20に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す。電源層44および第2信号層30から第1信号層20に電圧を印加する電力経路のそれぞれに、電圧を制限するための電圧制限素子54、この例ではダイオード列を配置させる。電圧制限素子54として、1個または複数個のダイオードを順方向にそれぞれの電力経路に挿入することにより、第1信号層20に印加する電圧を制限することができる。電圧制限素子54を設けない場合、第2信号層30からのグラント電圧(0[V])と、電源層44からの電源電圧(E[V])とが交互に第1信号層20に印加されるが、第2信号層30からの電力経路と電源層44からの電力経路にそれぞれn個のダイオード列を順方向に挿入した場合には、第1信号層20には、 ne [V]と $(E-ne)$ [V]の電圧が交互に印加されることになる。ここで e [V]は、ダイオードの順方向電圧を示す。

【0033】

電圧制限素子54を設けることにより、電源電圧が信号発信に必要な電圧よりも十分高い場合であっても、印加電圧を必要なレベルにまで下げることが可能となる。また、電圧制限素子54を電力経路に挿入することによって、電流量が減るため、消費電力を下げることができ、通信デバイス300の省電力化に寄与することになる。なお、第2信号層30と第1信号層20の間に設けられる電圧制限素子54aと、電源層44と第1信号層20の間に設けられる電圧制限素子54bの抵抗値は異なってもよい。

【0034】

図9(a)は、通信素子200の具体的な構成例を示す。通信素子200は、上述の通信機能を備えたLSIとして構成され、図9(a)は、第1信号層20に接触するLSIの上面を示している。通信素子200は、図3に示した処理部60およびメモリ70の各機能を備えたデジタル回路202を有する。円形の電極204は通信部50として作用する。図示しないLSIの裏面の電極は、第2信号層30と電磁的に接続されている。電極204は、スイッチ26(図5(a)および図5(b)参照)のスイッチング動作により、第1信号層20を介して電源層44から電源電圧を印加され、また裏面の第2信号層30からグラント電圧を印加される。既述のごとく、通信素子200は、スイッチ26を交互にスイッチして、交流電流を発生することで、電磁場を変化させ、信号を発信する。

【0035】

図9(b)および図9(c)は、通信素子200による信号発信の原理を説明するための図である。図中、Sで示す領域は、通信素子200の電極204を示す。第1信号層20および第2信号層30の導電率を σ とし、誘電層22の誘電率を ϵ_0 とする。既述のごとく、誘電層22が、第1信号層20および第2信号層30に挟まれた構造につき考察する。なお、図9(b)および図9(c)では、誘電層22の図示を省略している。この構

造において、電磁波動を発生し、誘電層 22 中を伝達させる。

【0036】

図示のごとく、円柱座標をとり、各層に垂直方向の z 軸まわりの解を求める。円柱座標の原点を、円形の電極 204 の中心点の垂直下方向であって、且つ第 1 信号層 20 の下面と第 2 信号層 30 の上面との中間点にとる。第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 の間隔、すなわち誘電層 22 の厚さを $2d$ 、電極 204 の半径を r_0 とする。 z 軸に対称な解においては、磁場ベクトル B は θ 成分のみをもち、それを $B(r, z)$ と表現する。また、 z 軸を対称軸とする半径 r の円柱面を外に向かって横切る表皮電流の総和を $I(r)$ と表現する。電磁波動の周波数を ω とすると、一般解は、以下のように表現される。なお、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 とともに導体とし、以下の発信原理の説明において、それぞれの層を区別せずに、導体層と呼ぶ。

【数 1】

$$\begin{bmatrix} B(r, z) [\text{導体層}: z > d] \\ B(r, z) [\text{誘電層}: z \leq d] \\ I(r)/2\pi r \end{bmatrix} = B_0 H_1^{(2)}(kr) \begin{bmatrix} \exp\{p(z-d)\} \\ 1 \\ 1/\mu \end{bmatrix}$$

B_0 は磁場の強さを表す定数である。ここで、上記一般解における各パラメータの値を、以下のように設定する。

【数 2】

$$\text{Re}[k] = \omega/c$$

$$\text{Im}[k] = -\frac{1}{d} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \omega}{8\sigma}}$$

$$\text{Re}[p] = -\frac{1}{c} \sqrt{\frac{\sigma \omega}{2\epsilon_0}}$$

$\text{Re}[k]$ は、誘電層 22 中の電磁波動の波数であり、 c は誘電層 22 における光速である。 $\text{Im}[k]$ は伝播する電磁波動の減衰を与えるパラメータである。 $\text{Re}[p]$ は表皮深さを与えるパラメータである。

また、

$$H_1^{(2)}(z) \equiv J_1(z) - jN_1(z)$$

である（ハンケル関数）。

【0037】

なお、マイクロ波を伝達し、上記の解が成立するためには、以下の条件を満たす必要がある。

- 1) $|\sigma/\omega| \gg \epsilon_0$ (σ は導体層の導電率) を満たすこと。
- 2) 表皮深さが導電層の厚みよりも小さいこと。
- 3) 減衰距離が、その周波数に対応する真空中の電磁波長よりも大きいこと。すなわち、 $-\text{Im}[k]$ が $\text{Re}[k]$ と同程度か、それより小さいこと。
- 4) 導電層の間隔が、

【数3】

$$\left[\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma} \right]^{1.5} \ll \left| \frac{\omega d}{c} \right| \ll \sqrt{\frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}}$$

を満たすこと。

なお、透磁率は誘電層22、導体層ともに μ であることと仮定した。

【0038】

以上の伝達条件を満たすことにより、誘電層22において2次元放射状にマイクロ波を伝達させることが可能となる。例えば、周波数を10~100GHz程度、伝達距離を10cm程度、 $d=1\sim 0.1\text{mm}$ 程度とすることにより、以上のマイクロ波伝達条件を満足するような導電率の材料を容易に見つけることができる。なお、表面深さが導電層の厚みよりも大きい場合であっても電磁作用は伝達するが、その場合には、電磁波は、導電層の外にも漏出することになる。

【0039】

電磁波動をマイクロ波として伝達することにより信号伝達速度は光速となる。このように、本実施例における通信装置100は、1ビットの情報を送るのに1波長分程度の幅をもったリング状の電磁場を生成し、この電磁場を利用して通信を行うため、少ない消費電力で1GHzをこえる信号伝達を行うことが可能となる。これにより、通信装置100は、コンピュータなどのクロックと同期して高周波数の論理信号を伝送可能となる。

【0040】

中心から距離 r の点における上側導体層表面、すなわち第1信号層20表面と、下側導体層表面、すなわち第2信号層30表面との電位差を $V(r)$ とすると、半径 r の円柱面を横切って流れる電流 $I(r)$ と $V(r)$ （その地点での電極間の電位差 $2dE_z$ ）の比は、

【数4】

$$\frac{V(r)}{I(r)} \approx \frac{(2d)\mu\omega}{2\pi} \cdot \frac{1}{jkr} \cdot \frac{H_0^{(2)}(kr)}{H_1^{(2)}(kr)}$$

で与えられる。関数 $P(x)$ を

【数5】

$$P(x) \equiv \frac{1}{jx} \cdot \frac{H_0^{(2)}(x)}{H_1^{(2)}(x)}$$

と設定する。

【0041】

図10は、実数 x に対する $P(x)$ のプロットを示す。 $P(x)$ の虚部は原点付近で対数的に発散する。電磁波動の波長より r が著しく小さい場合には $P(x)$ において対数の絶対値が大きくなり、容量性リアクタンスが支配的となるが、その増大は緩やかである。半径 r_0 の円形電極204のスイッチングによって電磁波動を放出する場合、その電極204を垂直方向に横切る電流と電極間電圧のインピーダンスは、

【数6】

$$Z = \frac{(2d)\mu\omega}{2\pi} P(kr_0)$$

である。したがって例えば $|kr_0|$ が0.27以上（ r_0 が波長の4.3%以上）であればインピーダンスの実部は虚部より大きくなり、実部で消費されるエネルギーが電磁波動のE

エネルギーに変換されることになる。

【0042】

なお、導電層の伝導率が十分大きい場合、 z 軸方向の電場は、

【数7】

$$E_z(r) = \frac{1}{j\omega\epsilon\mu} \left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \right) B$$

で与えられる。

【0043】

図11は、導電層の導電率を無限大（そのとき k は実数）と仮定したときの、中心からの無次元距離 $x = kr$ において変化する導電層に垂直な方向の電場の絶対値を示す。なお、距離による変化率をみるのが目的であるため、 $\omega\epsilon\mu = B_0 = 1$ と設定する。したがって $r = \lambda / 2\pi$ （波長の約6分の1）の半径の電極部において導電層に所定の電圧を発生させると、 $r = (35 / 2\pi) \lambda$ においてその17%の電圧振幅が観測されることになる。導電層の抵抗率が有限の場合にはこれに指数関数的な減衰が乗ぜられることになり、これによって有効通信距離が決まる。

【0044】

<第2の実施例>

第2の実施例では、第1の実施例で説明した電磁場を用いる通信デバイス300に限らず、他の方法で信号発信を行う通信デバイスにも適用できる通信装置100の構造を説明する。他の信号発信方法の例として、図4(a)の構造において第1信号層20および第2信号層30を短絡させることが考えられる。その結果、第1信号層20と第2信号層30の間に電圧降下が生じ、近傍の通信素子200がその影響を受け、この電圧降下を信号として観測する。例えば、通信素子200がコンデンサを有して構成され、ある通信素子200から放出された電荷が有効通信距離内に配置されている周辺の通信素子200のコンデンサに蓄積され、その電圧変化により周辺の通信素子200が信号を認識することとしてもよい。このように、短絡による電圧降下を利用して信号の伝達を行う通信デバイスも、第2の実施例による通信装置100の構造の利点を享受することができる。なお、以下では、第1信号層20についての説明を行うが、第2信号層30も第1信号層20と同様の構造および機能等を具備することができる。

【0045】

図12(a)は、通信装置100における第1信号層20の抵抗分布を示す。第1信号層20は、複数のサイト210と、サイト210を囲む高抵抗領域212を含む。サイト210は、高抵抗領域212よりも低い抵抗値を示し、低抵抗領域を構成する。通信素子200はサイト210に配置され、最も単純な構造においては、1つのサイト210につき1つの通信素子200が存在する。図示のごとく、第1信号層20において、 5×5 の四角形のサイト210が形成されている。

【0046】

最初に、信号を発信する通信素子200の周囲に連続的な電圧勾配が生じ、この電圧降下を検出することにより、信号を認識する場合について考察する。電極の大きさが電圧降下の生じる拡散距離よりも著しく小さい場合、電極付近での電圧降下が大きくなる。図12(b)は、均一な抵抗で第1信号層20が形成されているときの電圧振幅分布を示す。発信する通信素子200から離れた地点に所定の閾値以上の電圧を発生させるためには、発信する通信素子200の電極における信号振幅を大きくする必要がある。

【0047】

第1信号層20に図12(a)に示すような抵抗分布を設定し、通信素子200を発信させると、サイト210内では、ほぼ均一な電圧を伝達できるようになる。高抵抗領域212の抵抗値を適切に定めれば、信号を発したサイト210から一定の距離までは閾値以上の信号電圧が到達し、それより遠くでは閾値以下となるように、到達信号強度を段階的

に変化させることができるようになる。これにより、安定した信号伝達が可能になる。なおサイト 210 は四角形に限らず、任意の形状であってよい。

【0048】

図 12 (c) は、第 1 信号層 20 を抵抗分布をつけて形成したときの電圧振幅分布を示す。図 12 (c) は、図 12 (a) において図示する通信素子 200 e が信号を発信したときの横方向の電圧振幅分布を示している。第 1 信号層 20 において、サイト 210 内では電位に大きな変動はなく、高抵抗領域 212 を通過するときに、大きな電圧降下が生じることになる。通信素子 200 e が発信したサイト 210 a においては、電位が、電源層 44 から印加される電位 V_0 に保たれる。また、横方向に隣り合うサイト 210 b においては電位が全体的に V_1 に保たれ、さらに横方向に位置するサイト 210 c においては電位が全体的に V_2 に保たれる。したがって、各サイト 210 における通信素子 200 の受信電圧の閾値を V_2 から V_0 の間に設定しておけば、発信する通信素子 200 に隣接する通信素子 200 のみが信号を受信することができ、さらに隣の通信素子 200 は信号を受信することができなくなる。すなわち、第 1 信号層 20 における抵抗分布および通信素子 200 の受信電圧閾値を適切に設定することにより、近傍の通信素子 200 のみに信号を伝達することが可能となる。これにより、信号の有効通信距離を制限し、信号の衝突を減少させることができるため、連鎖伝達型の通信を安定的に実現することができる。

【0049】

以上は、電圧降下を利用した信号伝達を行う通信デバイス 300 を備えた通信装置 100 の例であるが、第 1 の実施例で説明した電磁場を利用した信号伝達を行う通信デバイス 300 に対しても、第 1 信号層 20 に抵抗分布を設けることは有効である。

【0050】

電磁波の減衰率は、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の伝導率、言い換えると電気抵抗によって定まる。そのため、高抵抗領域 212 においては電磁波の減衰が大きくなる。このことを利用して、高抵抗領域 212 により電磁波を強く減衰させることにより、電磁場を近傍のサイト 210 に局在させることが可能となる。すなわち、隣接するサイト 210 における通信素子 200 のみが電磁場の変化を観測できるように、第 1 信号層 20 を形成することができる。

【0051】

図 13 は、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に厚み分布を設けた構造を示す。第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の間隔を一部狭めることにより、電磁波の減衰効果を高めてもよい。図示のごとく、電磁波の伝達経路、すなわち誘電層 22 の厚みに変化をもたせることにより、狭くなった伝達経路において電磁波を反射させ、これにより、信号の有効通信距離を制限し、信号の衝突を減少させることができ、連鎖伝達型の通信を安定的に実現することができる。なお、電磁波の吸収体や反射体を第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 との間に配置し、信号の有効通信距離を制限することも可能である。この場合、電磁波が通過するスペースはあけておく必要がある。

【0052】

図 14 (a) は、サイト 210 を六角形とした場合の第 1 信号層 20 の抵抗分布を示す。それぞれのサイト 210 の中心部に通信素子 200 を配置することにより、隣接する 6 つの通信素子 200 との間の距離を等しくすることが可能となる。

【0053】

図 14 (b) は、図 14 (a) に示したサイト 210 内に、さらに高抵抗領域 214 を形成した場合の第 1 信号層 20 の抵抗分布を示す。高周波の信号伝達を可能とするためには、第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 との間の容量を減らすことが好ましい。この目的のもと、図 14 (a) に示したサイト 210 の中に高抵抗領域 214 のパターンを形成し、サイト 210 の面積を減らすことにより、第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 との間の容量を減らす。なお、高抵抗領域 214 のパターンは図示したものに限定されない。

【0054】

以下、図 15 および図 16 において、第 1 信号層 20 の構造の変形例を示す。第 1 信号

層 20 には、個別配線を形成せず、周囲の抵抗値に対して低い抵抗値を示すサイト 210 が形成されている。

【0055】

図 15 (a) は、様々な大きさのサイト 210 を有する第 1 信号層 20 を示す。既述のごとく、通信装置 100 は個別配線を設けることなく、通信素子 200 間で信号を順次伝達可能な通信機能をもっており、自動車の内壁などに利用して煩わしい個別配線を不要とすることができる。自動車の内壁に利用する場合、車載機器の全てを通信装置 100 に直接接続して通信を行わせることも可能であるが、実用性を考えると、通信装置 100 の表面に接続端子やコネクタ（以下、コネクタ等とよぶ）を設け、車載機器からの信号線を適当なコネクタ等に接続させてもよい。この場合、1つのコネクタごとに1つの通信素子 200 を割り当ててもよいが、各車載機器が常に通信を行うわけではないことから、複数の車載機器が通信素子 200 を共有する構造をとることもできる。

【0056】

図 15 (a) の例では、複数のコネクタ等の集中する箇所のサイト 210 d が他のサイト 210 e と比べて大きく形成される。これにより、コネクタ等を形成するスペースを確保する。コネクタ等が少ないまたは存在しないサイト 210 e は、小さく形成されて、信号伝達の機能だけをもてばよい。各サイト 210 には、1つの通信素子 200 が存在している。

【0057】

図 15 (b) は、2次元通信領域 220 と 1次元通信領域 222 を組み合わせた第 1 信号層 20 を示す。各サイト 210 には、1つの通信素子 200 が存在している。2次元通信領域 220 には、複数のサイト 210 f が密に設けられており、各サイト 210 f に設けられた通信素子 200 が隣接する通信素子 200 との間で信号を 2次元的に伝達する。一方、1次元通信領域 222 には、複数の細長いサイト 210 g が直列に配置され、各サイト 210 g に設けられた通信素子 200 が、信号を 1次元的に遠くまで伝達する。このように、2次元通信領域 220 と 1次元通信領域 222 とを組み合わせることで、個別配線を不要とした所期の通信装置 100 を実現できる。

【0058】

図 16 (a) は、細長いサイト 210 h 列を並列に配置した第 1 信号層 20 を示す。各サイト 210 には、1つの通信素子 200 が存在している。平行に配置されるサイト 210 h の間隔は、信号が伝達しないように広く設定され、1次元通信領域 230 を構成する。なお、並列のサイト 210 h 間の抵抗値をさらに高く設定すれば、サイト 210 h 間の間隔が狭い場合であっても、サイト 210 h 間で信号は伝達されない。このように、高抵抗領域内でも抵抗分布をもたせることにより、第 1 信号層 20 の構造をコンパクトにすることができる。

【0059】

図 16 (b) は、ランダムに形成されたパターンをもつサイト 210 i を有する第 1 信号層 20 を示す。通信装置 100 は、ランダムパターンのサイト 210 i 中に適当に通信素子 200 を分散配置させることにより、サイト 210 i における信号伝達を可能とする。なお、サイト 210 i は一体として連続的に形成されているが、機器間を個別に配線することを意図するものではない。

【0060】

図 17 (a) は、2次元通信用の信号線を形成した信号線シート 240 を示す。信号線シート 240 は、導電性材料によりメッシュ状に形成され、信号伝達と電力供給に利用される。なお、信号線シート 240 の形状はメッシュ状に限定されるものではなく、すだれ状であってもよく、またランダムパターンであってもよい。図 17 (b) は、信号線シート 240 が電源層 44 と、グランド層である第 2 信号層 30 に挟持された状態を示す。通信素子 200 は、信号線シートの端部に電氣的に接続し、信号線シート 240 を介して、信号の伝達および受電動作を行うことができる。電源層 44 および第 2 信号層 30 の形状は、信号線シート 240 に合わせて作られてもよい。

【0061】

図18(a)は、通信素子200の送受信動作を説明するための図である。既述のごとく、信号の発信方法として、電磁場を利用するものや電圧降下を利用するものが考えられるが、以下では、電圧降下を利用した信号発信方法を想定する。この例では、サイト2101内の通信素子200が、サイト210mの通信素子200に対して信号を送信する。

【0062】

サイト210mの通信素子200は、第1信号層20および第2信号層30を電気的にフロートにして電圧変化を観測してもよいが、ここでは、電圧変化を観測しながら、積極的に電位を保持することとする。電気的にフロートとした状態で電圧変化を観測する場合には、発信信号が遠方の素子にまで到達するため、信号衝突の可能性が高まる。そのため、信号を受信したサイト210mで電圧変化を吸収することにより、発信信号が遠方まで伝達する可能性を低減し、信号衝突の可能性を少なくする。隣接するサイト2101が発信した場合、その電位差によって、サイト210間の高抵抗領域を通して電流が流入または流出し、サイト210mの通信素子200は、これを観測信号とする。

【0063】

図18(a)において、グランドは、グランド層である第2信号層30を表わす。なお、発信回路および受信回路ともに通信素子200の外部に存在するように示されているが、実際には通信素子200の内部に存在する。図18(a)においては、サイト2101の通信素子200の送信回路と、サイト210mの通信素子200の受信回路とが示されているが、各通信素子200は、それぞれ発信回路および受信回路を持っており、必要に応じて使用する回路を切り替えることができる。サイト2101における通信素子200が信号を送信し、サイト2101およびサイト210mの間の高抵抗領域を介して、サイト210mに電流が流入または流出する。

【0064】

通信素子200の受信回路は、フィードバック回路250を備え、電流を能動的に通信素子200内に取り込むことにより、サイト210m内の電圧が変動しないように制御し、出力端252に出力される電流を読み取る。図18(b)は、高速動作を実現する回路例を示す。

【0065】

サイト2101からサイト210mに信号を伝達する場合、サイト210およびサイト210mを取り囲む8個のサイト210の電圧が「観測モード」に入ることによって略一定に保たれる。そのため、サイト2101からの距離がサイト2つ分以上あるサイト210には信号は到達しないようになる。つまり、あるサイト210からの発信により、隣接するサイト210以外には全く信号が届かないことになり、これによって無用な信号の衝突を避けることができる。なお、信号を受信したサイト210の通信素子200は、その後、信号を発信し、隣接するサイト210のみに信号を伝達していく。

【0066】

図18(c)は、100MHzで動作する回路の具体例を示す。コンパレータ260の一入力に印加する基準電圧を10mV、抵抗262の抵抗値を、サイト210間より十分に小さい5Ωに設定することにより、100MHzで信号伝達を行うことが確認できた。

以上のように、第2の実施例に係る通信装置100によると、第1信号層20の中に高抵抗領域と低抵抗領域とを作成することで、隣接する低抵抗領域にはほぼ一定の減衰率で信号を伝達することができ、隣接低抵抗領域に属する通信素子との安定な信号の送受信を実現することができる。

【0067】

<第3の実施例>

第2の実施例では、高抵抗領域を介して隣接サイトに電流を流入させることで信号を伝達していたため、高抵抗領域の抵抗値にばらつきがあると、伝達される信号電圧がばらつくことになり、動作が不安定になることも考えられる。特に導電性のゴム等で高抵抗層を作成する場合、その抵抗値を正確にコントロールして製造するには製造技術の観点から若

干の難しさはある。また、信号の周波数が変化すると、抵抗のインピーダンスと容量のインピーダンスの比率が変化するために、伝達される電圧振幅が変化する。これらのことは、製造技術の問題であったり、また使用する信号周波数の問題であって、第2の実施例に関する発明の本質的な作用効果に影響するものではないが、第3の実施例では、より利用性の高い技術を用いた通信装置100を提供する。第3の実施例に係る通信装置100は、隣接するサイトを抵抗によって電氣的に接続するのではなく、容量によって結合する。

【0068】

図19は、第3の実施例における通信装置100の第1信号層20の上面図を仮想的に示す。第1信号層20は、複数に分割されて存在する低抵抗領域282（以下、「サイト」ともいう）を有し、またサイト境界にかぶさるように設けられた容量結合用導体284を有する。サイト境界にかぶさるとは、図に垂直な方向、すなわち接地層と電源層の間に有する。容量結合用導体284が低抵抗領域282に重なる位置に設けられることを意味し、かぶさることで効率よく容量結合を行うことが可能となる。低抵抗領域282と容量結合用導体284の間には高抵抗体が充填されており、これにより低抵抗領域282と容量結合用導体284との容量結合を実現する。このように高抵抗体の抵抗値は、低抵抗領域282と容量結合用導体284との容量結合を実現する程度に十分高く設定される。容量結合の度合いは容量結合用導体284がサイトとオーバーラップする面積と、容量結合用導体とサイト間の距離で決定することができ、容易に所定の結合度を実現することができる。なお、第3の実施例では、第2の実施例とは異なり、低抵抗領域282同士の間で高抵抗体を介して信号は伝送されない、もしくは減衰率が高いものとする。そのために低抵抗領域282間の高抵抗体の抵抗値は、第2の実施例と比較して高く設定されてもよく、また後述するように低抵抗領域282の厚さを薄くすることで、ある低抵抗領域282における電圧変動が、高抵抗体を介して隣接する低抵抗領域282に伝播しないようにする。低抵抗領域282の作用や低抵抗領域282と通信素子200との関係は、第2の実施例において説明したものと同様である。

【0069】

図20は、第3の実施例における通信装置100の断面構成を示す。各通信素子200は、上面と底面に一つずつ電極201、205をもち、上面の電極201は、第1信号層20の低抵抗領域（サイト）282に接続され、底面の電極205はグランドである第2信号層30に接続されている。通信素子200が内部回路の動作によって、上面電極201の電位を変化させると、サイト282の抵抗は十分小さいため、その電位は領域内ではほぼ一定となる。このように、サイト282の抵抗値は、サイト内での電圧変動が小さくなるように設定される。したがって、電位の変化点と、容量結合用導体284の重なり部分との電位が実質的に等しくなることで、信号を効率よく容量結合用導体284に伝えることが可能となる。また、これにより同じ領域内に接続された、センサ素子203等の機能素子には等しい電圧の信号を送信することができる。

【0070】

電源層44、第2信号層30の抵抗は十分小さく、低抵抗領域282、容量結合用導体284、電源層44の間は高抵抗の物質から構成される高抵抗層280で充填されている。高抵抗層280は、センサ素子203や通信素子200を動作させる最小限の電流を供給できる範囲でなるべく高い抵抗値に設定されている。通信素子200が信号を連続的に送信可能とするには、「一つのサイトと、電源層44および第2信号層30の間の静電容量で決まる容量性インピーダンス」と、「そのサイトと電源層44の間の抵抗」が同程度になるように設定する。

【0071】

低抵抗領域282の横方向の広がりに対して層の厚みが薄い場合には、高抵抗層280の横方向の電気抵抗が大きいため、ある低抵抗領域282の電位が変動しても隣接する低抵抗領域282の電位は大きく変動しない。第3の実施例では、隣接する低抵抗領域282の電氣的接続を得るために、既述したように、容量結合用導体284を高抵抗層280内部に設ける。

【0072】

この通信装置100の動作原理は、以下のとおりである。ある通信素子200の電極201から信号が発信される。この信号は、例えば通信素子200が接続する低抵抗領域282の電圧を降下させることで発信される。この電圧降下は、低抵抗領域282と容量結合している容量結合用導体284に伝達され、隣接する低抵抗領域282に所定の信号振幅として伝わる。隣接する通信素子200は、この電位変化を検出し、信号として認識する。これにより、通信装置100においては、通信素子200が、容量結合用導体284を介して隣接する通信素子200に信号を伝達することができる。

【0073】

低抵抗領域282は、一般に2次元的なパターンであるが、ここでは断面と垂直な方向は一樣であるとして、その等価回路を説明する。この方式では、図示したような4角形のサイトだけでなく、例えば第2の実施例で説明したような任意形状（3角形、6角形、帯状）のサイトに対しても適用可能である。

【0074】

図21は、説明の便宜上、図20に示した通信装置100の断面構成から通信素子200およびセンサ素子203を除いた状態を示す。サイト（すなわち、低抵抗領域）282aに電圧 V_A が印加されたとき、その電圧が隣接するサイト282bにどのように伝達するかを示したのが図22である。この信号の伝達は、容量結合用導体284pを介して実現される。以下、サイト282aを「サイトA」、サイト282bを「サイトB」、容量結合用導体284pを「容量結合用導体P」、第2信号層30を「接地層」と表現して、説明を行う。

【0075】

図22は、図21に示した通信装置100における各層の電気的な関係を表現した等価回路図を示す。回路図中、 C_A は、サイトAと接地層および電源層との間の静電容量（より厳密には、「サイトAのうち、容量結合用導体Pとオーバーラップする部分を除いた部分」と電源層との間の静電容量と、サイトAと接地層との間の静電容量、の和）、 C_{AP} はサイトAと容量結合用導体Pとの間の静電容量、 C_{BP} はサイトBと容量結合用導体Pとの間の静電容量、 C_P は容量結合用導体Pと電源層および接地層との間の静電容量、 C_B はサイトBに関して定義された、 C_A と同様の量である。各サイトと容量結合用導体Pの幅に対し、層の厚みとサイト同士の間隔は十分小さいものと仮定している。なお、交流成分の伝達のみに興味があるため、電源への接続はグランドへの接続と等価とみなした。回路の左の点線は、 C_A の右側の回路が左に折り返されて続いていることを表しており、右の点線は、同じ回路が繰り返し現れることを表わしている。 V_B がサイトBに生じる電位である。なお、実際には高抵抗層が有限の抵抗をもつため、上記のコンデンサに並列に抵抗分が存在するが、ここでは基本動作を説明するためにそれらは省略した。

【0076】

サイトAに対する印加電圧 V_A に対し、

$$V_B = k V_A$$

なる電圧が発生したとすると、サイトAから右に数えてn番目のサイト（サイトBは右に数えて1番目）に生じる電圧 V_n は

$$V_n = k^n V_A \quad (k < 1)$$

のように与えられ、伝達される信号振幅は指数関数的に減衰していく。結合定数 k は、容量結合用導体Pとサイトの間隔を小さくするか、容量結合用導体Pとサイトのオーバーラップの面積を増大すると1に近づく。

【0077】

適切な結合定数 k は、通信素子の信号検出感度に応じて設定する。信号が安定して検出できる範囲内であれば、結合定数 k がなるべく小さい方が、非隣接サイト、すなわち隣接サイトに隣接するサイトなどへの信号の漏出が小さくなり、信号の混信が回避されるため好都合である。また、上図等価回路における各静電容量のインピーダンス

【数 8】

$$\frac{1}{j\omega C_i} \quad (i = A, B, P, AP, BP)$$

が、高抵抗体による抵抗 r_i ($i = A, B, P, AP, BP$) より十分小さい場合には、抵抗の存在は無視することができ、その場合結合定数 k は、各容量の相対的な大きさの比によってきまり、周波数に依存しない。

ここで r_i は容量 C_i を考えた際の一組の部品間の抵抗値であり、例えば r_{AP} はサイト A と容量結合用導体 P との間の（高抵抗体による）抵抗値である。また r_A はサイト A と電源層との間の抵抗値である（より厳密には、サイト A から容量結合用導体 P とオーバーラップする部分を取り除いたものと、電源層との間の抵抗値）。

【0078】

図 23 は、高抵抗体を考慮した場合の等価回路を示す。ここで大切な性質は、容量 C_i の逆数と容量 C_j ($i, j = A, B, P, AP, BP$) の逆数の比率（すなわち各容量のインピーダンス比）と、抵抗 r_i と抵抗 r_j の比率がほぼ等しくなることである。特に電源層とサイトの間隔が接地層とサイトの間隔より十分小さい特別な場合（これを仮定 1 とする）には、この性質がよく成り立つ。

すなわち、各容量は、高抵抗体の誘電率を ϵ とし、

【数 9】

$$C_A = C_B = \epsilon \frac{S}{d} \quad \begin{array}{l} S: \text{サイトからオーバーラップ部を除いた面積} \\ d: \text{サイト-電源層間距離} \end{array}$$

$$C_{AP} = C_{BP} = \epsilon \frac{S_I}{d_I} \quad \begin{array}{l} S_I: \text{サイトとPとのオーバーラップの面積} \\ d_I: \text{サイトとPとの間隔} \end{array}$$

$$C_P = \epsilon \frac{S_P}{d_P} \quad \begin{array}{l} S_P: \text{Pの面積} \\ d_P: \text{Pと電源層の間隔} \end{array}$$

のように与えられ、一方各抵抗は高抵抗体の体積抵抗率を η として

【数 10】

$$r_A = r_B = \eta \frac{d}{S}$$

$$r_{AP} = r_{BP} = \eta \frac{d_I}{S_I}$$

$$r_P = \eta \frac{d_P}{S_P}$$

で与えられるから、 $1/C_i : r_i = 1/\epsilon : \eta = \text{一定}$ である。

したがって、この場合には、高抵抗体による抵抗分を考慮した等価回路においても、結合定数 k は、抵抗分を考慮しない場合と変わらない。なぜなら、容量 C_i の両端間のインピーダンス Z_i は、

【数 11】

抵抗を考慮しない場合 $\rightarrow \frac{1}{j\omega C_i}$

抵抗を考慮する場合 $\rightarrow \frac{1}{j\omega C_i + 1/r_i} = \frac{1}{j\omega + 1/(\varepsilon\eta)} \frac{1}{C_i}$

であり、 Z_i 間の相対的な比率はどちらも場合も同じだからである。したがって、仮定 1のもとでは高抵抗体の存在を考慮しても、結合定数は周波数に依存しない。仮定 1 が成り立たない場合、例えばサイトー電源層間距離と、サイトー接地層間距離が同程度の場合も、 k の値が著しく変化することはなく、またサイトー接地層間に同様な高抵抗体を挿入することで、仮定 1 における場合と同じように周波数依存性を消すことができる。

【0079】

以上、実施例をもとに本発明を説明した。なお本発明はこの実施例に限定されることなく、そのさまざまな変形例もまた、本発明の態様として有効である。

例えば、図 20 に示す通信装置 100 においては、比較的面積の大きい低抵抗領域（サイト）282 を示しているが、通信素子 200 の接続するサイトの大きさを小さくすることも可能である。図 20 の通信装置 100 では、全てのサイトに通信素子 200 が接続している構成を示しているが、既述のごとく通信距離は結合定数 k に依存するため、途中の通信素子 200 による中継なしに、低抵抗領域 282 および容量結合用導体 284 の作用により、信号を伝達することができる。例えば、図 20 の通信装置 100 において、中央に示す通信素子 200 が存在していない場合であっても、左側の通信素子 200 の発信信号を、間に介在する複数の低抵抗領域 282 と容量結合用導体 284 のペアにおける信号伝達作用を介して、右側の通信素子 200 まで伝達することが可能である。これにより、サイトを小さく構成することができ、特に通信装置 100 を可撓性をもつように構成する場合には、柔軟性を向上させるというメリットがある。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図 1】 第 1 の実施例に係る通信技術の方式を説明するための図である。

【図 2】 実施例にかかる通信装置の外観構成を示す図である。

【図 3】 通信素子の機能ブロック図である。

【図 4】 (a) は通信装置の断面図であり、(b) は通信装置の別の例を示す断面図である。

【図 5】 (a) は通信デバイスが信号を発信する基本原理を説明するための図であり、(b) は通信デバイスが信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。

【図 6】 通信デバイスの構造の実現例を示す図である。

【図 7】 (a) は通信デバイスを実現する回路動作の概要を示す図であり、(b) は第 1 信号層に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す図である。

【図 8】 誘電層および高抵抗層における電磁場の変化を観測できる通信素子を備えた通信デバイス 300 を示す図である。

【図 9】 (a) は通信素子の具体的な構成例を示す図であり、(b) および (c) は、通信素子による信号発信の原理を説明するための図である。

【図 10】 $P(x)$ のプロットを示す図である。

【図 11】 導電層に垂直な方向の電場の絶対値を示す図である。

【図 12】 (a) は通信装置における第 1 信号層の抵抗分布を示す図であり、(b) は均一な抵抗で第 1 信号層が形成されているときの電圧振幅分布を示す図であり、(c) は第 1 信号層を抵抗分布をつけて形成したときの電圧振幅分布を示す図である。

【図 13】 第 1 信号層および第 2 信号層に厚み分布を設けた構造を示す図である。

【図 14】 (a) はサイトを六角形とした場合の第 1 信号層の抵抗分布を示す図であ

り、(b)はサイト内に高抵抗領域を形成した場合の第1信号層の抵抗分布を示す図である。

【図15】(a)は様々な大きさのサイトを有する第1信号層を示す図であり、(b)は2次元通信領域と1次元通信領域を組み合わせた第1信号層を示す図である。

【図16】(a)は細長いサイト列を並列に配置した第1信号層を示す図であり、(b)はランダムに形成されたパターンをもつサイトを有する第1信号層を示す図である。

【図17】(a)は2次元通信用の信号線を形成した信号線シートを示す図であり、(b)は信号線シートが電源層と、グランド層に挟持された状態を示す図である。

【図18】(a)は通信素子の送受信動作を説明するための図であり、(b)は高速動作を実現する回路例を示す図であり、(c)は100MHzで動作する回路の具体例を示す図である。

【図19】第3の実施例における通信装置の第1信号層の上面図を仮想的に示す図である。

【図20】通信装置の断面構成図である。

【図21】通信装置の断面構成から通信素子およびセンサ素子を除いた状態を示す図である。

【図22】通信装置における各層の電気的な関係を表現した等価回路図である。

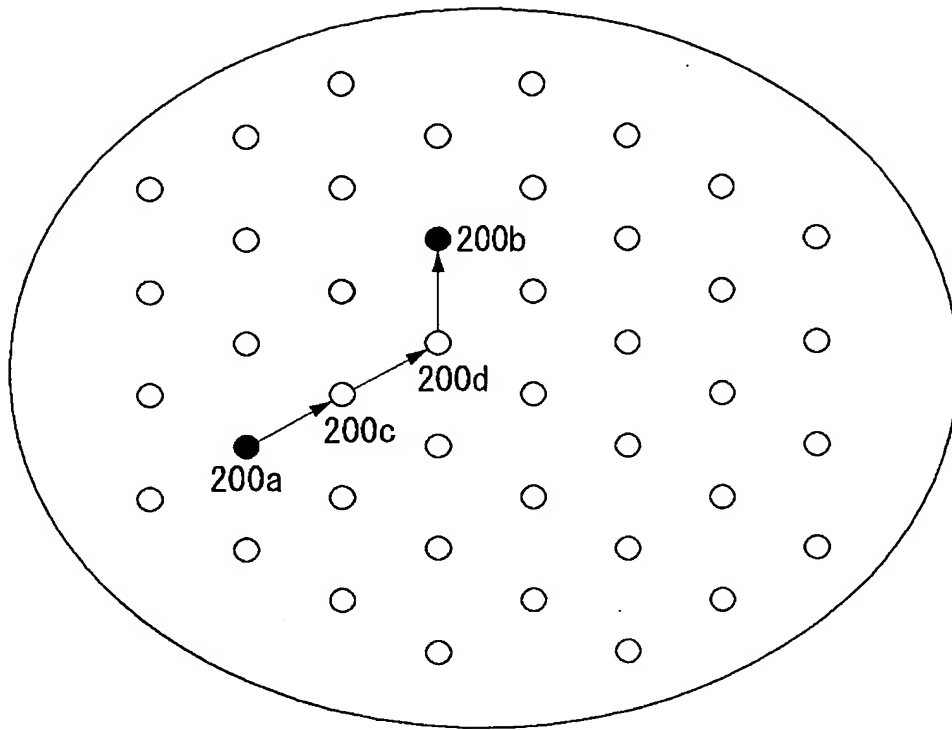
【図23】高抵抗体を考慮した場合の等価回路図である。

【符号の説明】

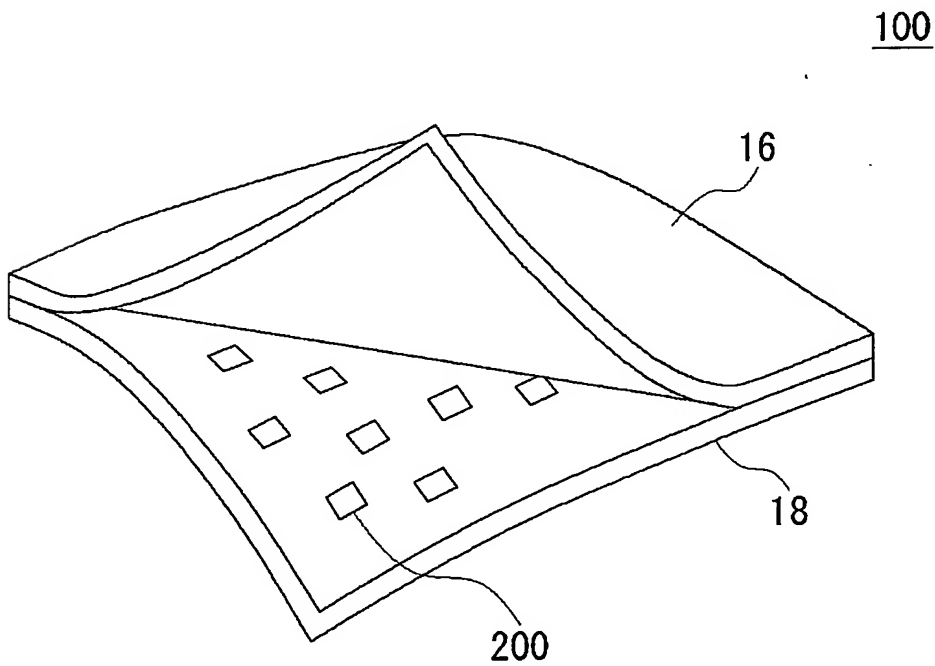
【0081】

16、18・・・導電層、20・・・第1信号層、30・・・第2信号層、50・・・通信部、60・・・処理部、70・・・メモリ、100・・・通信装置、200・・・通信素子、280・・・高抵抗層、282・・・低抵抗領域、282・・・容量結合用導体、284・・・容量結合用導体、300・・・通信デバイス。

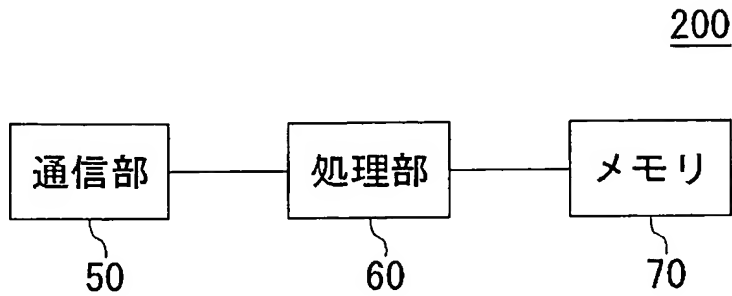
【書類名】図面
【図 1】



【図 2】

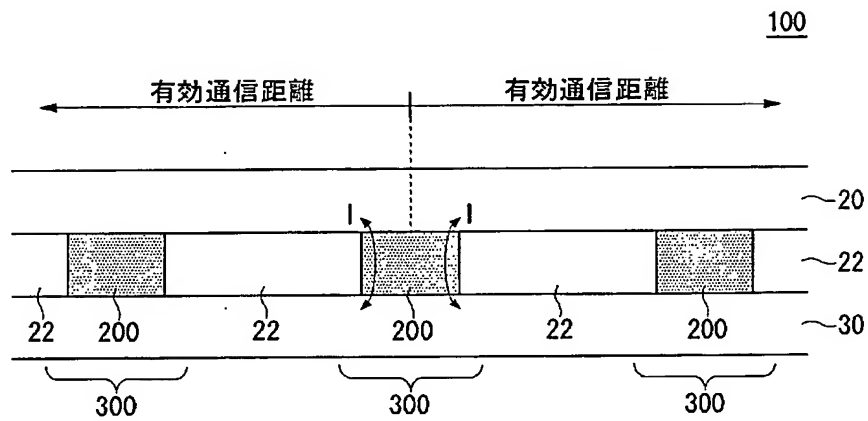


【図 3】

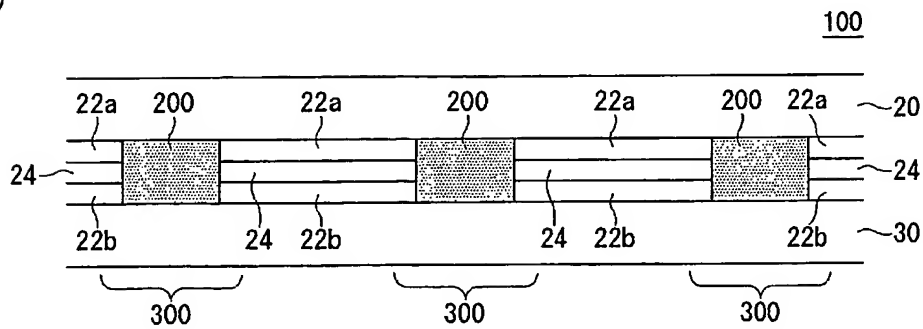


【図 4】

(a)



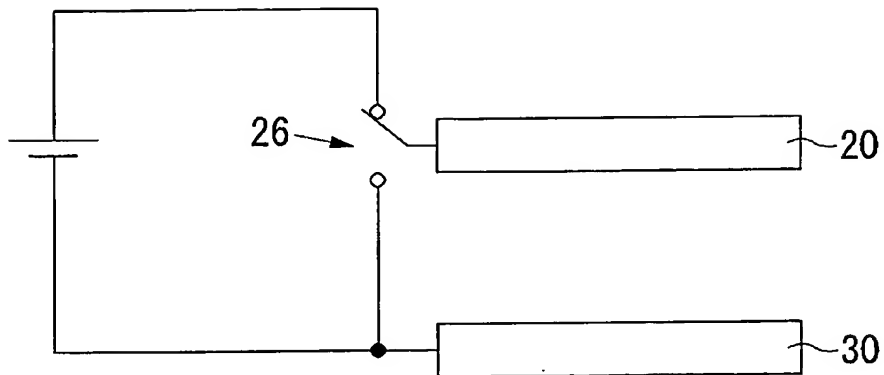
(b)



【図 5】

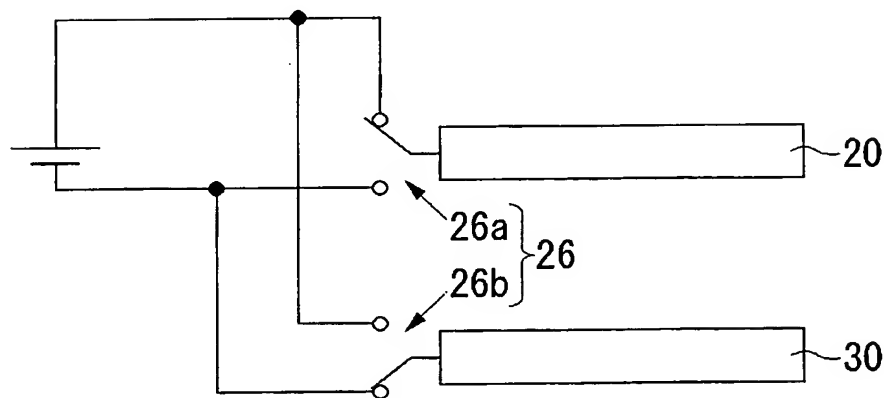
(a)

300

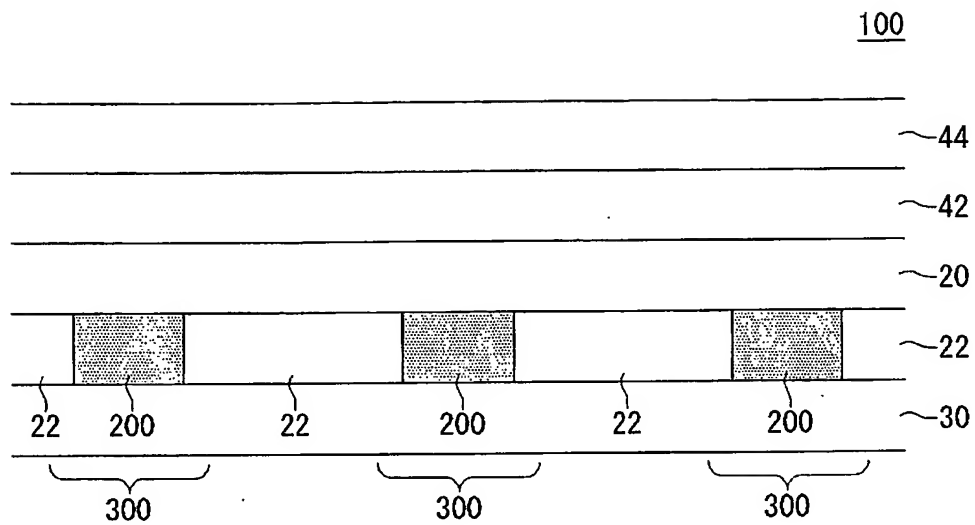


(b)

300



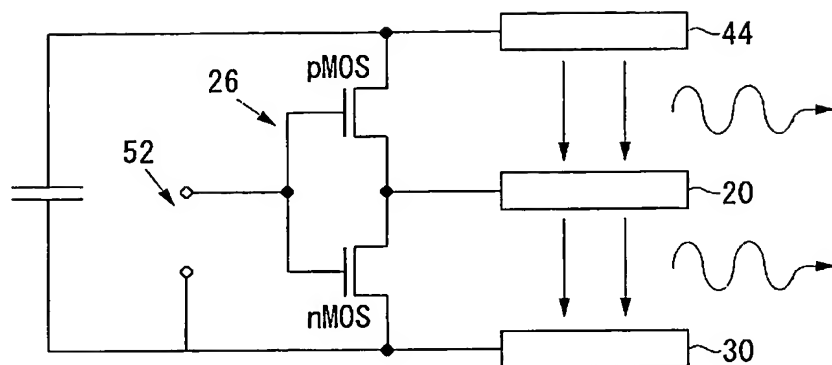
【図 6】



【図 7】

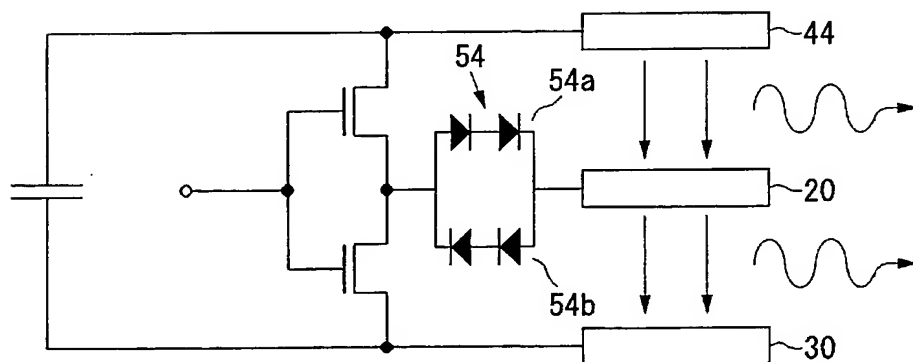
(a)

300

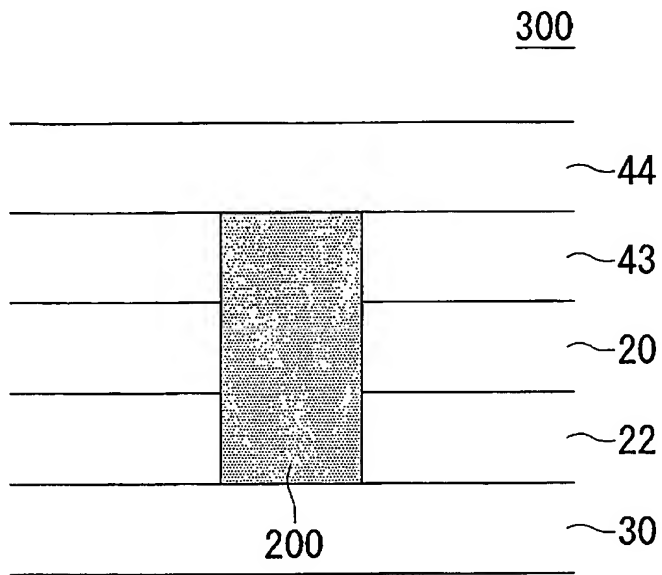


(b)

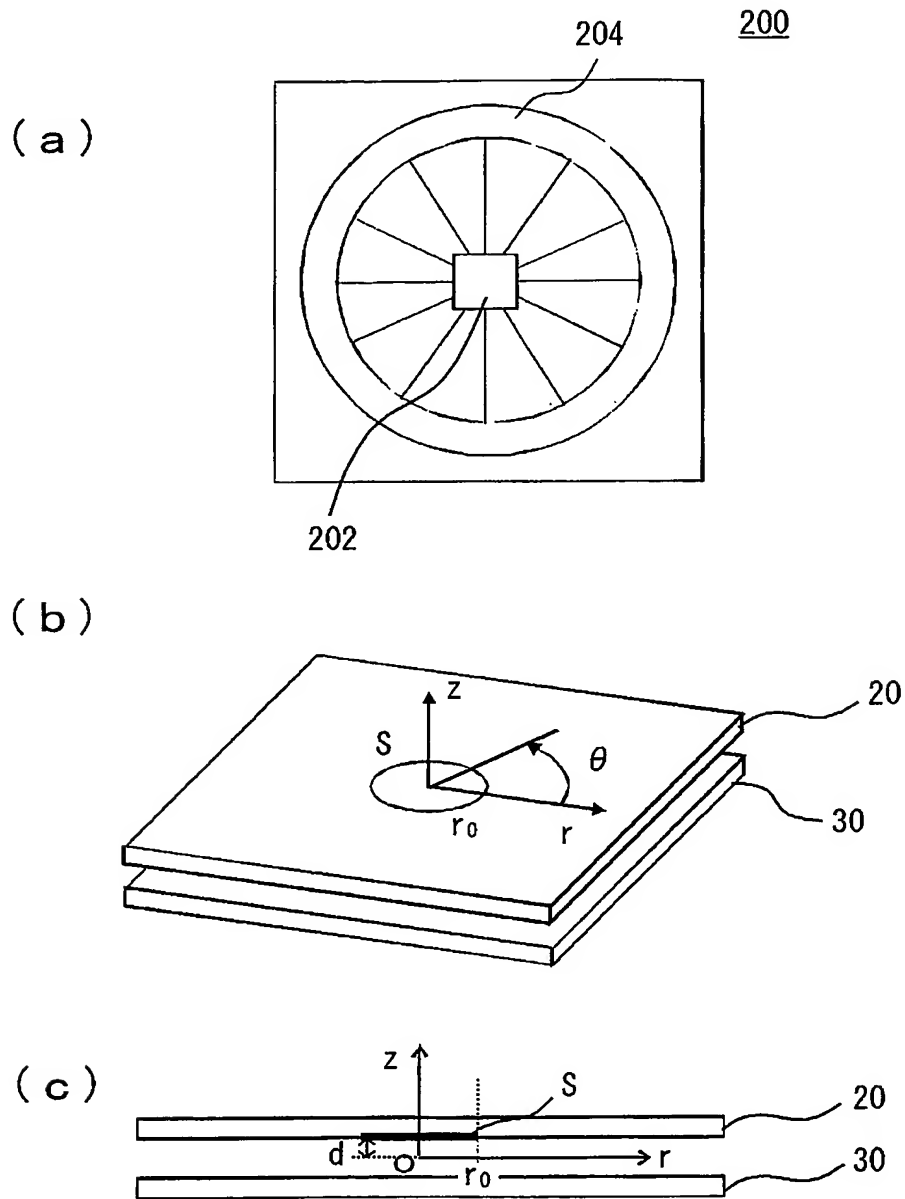
300



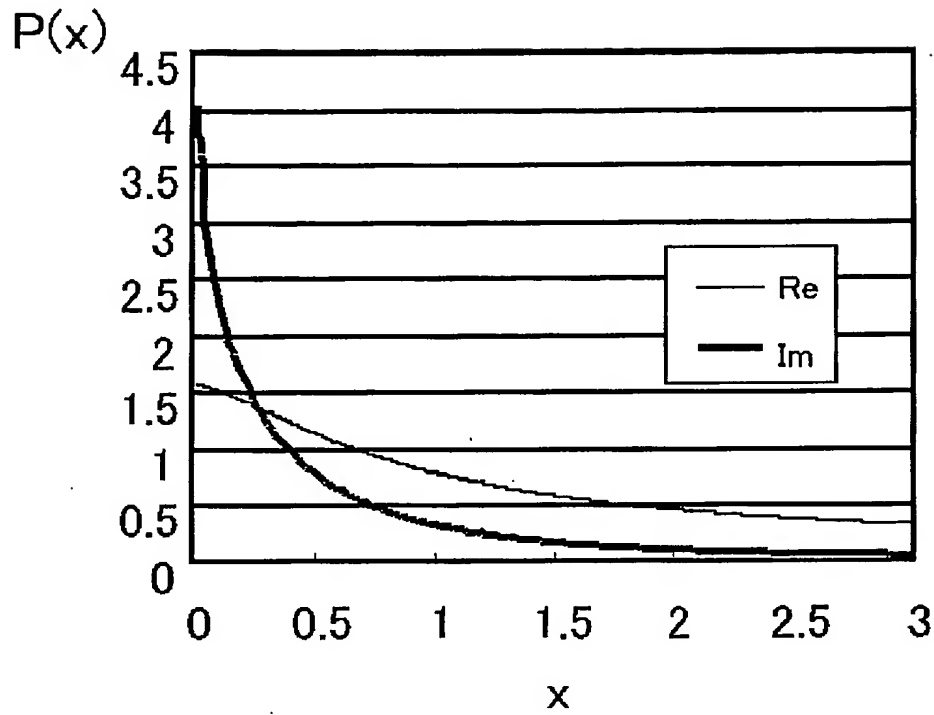
【図 8】



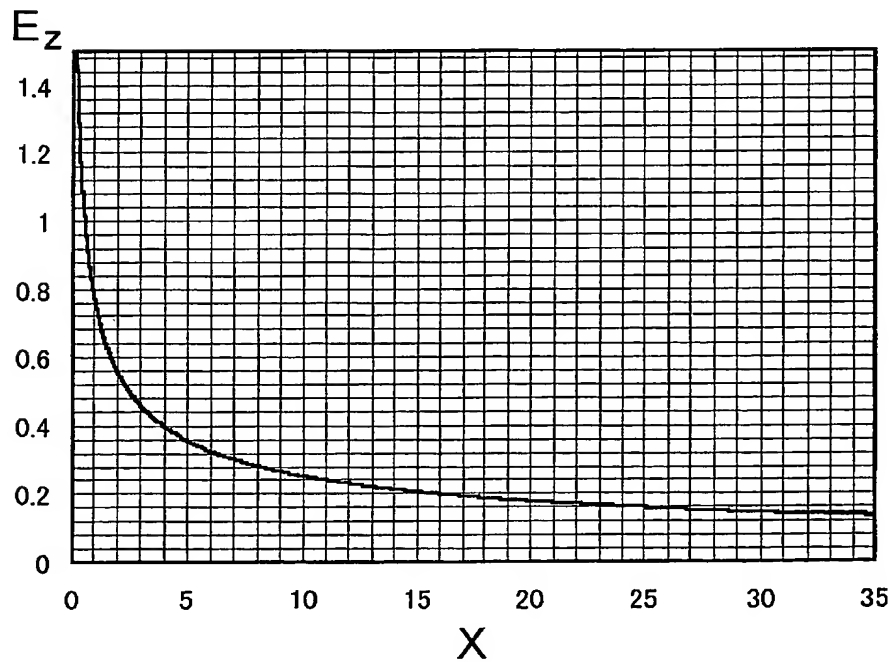
【図 9】



【図 10】

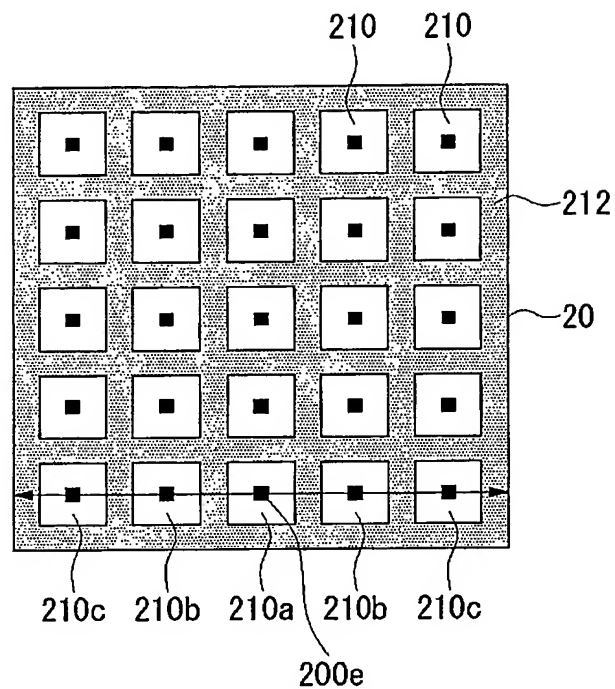


【図 11】

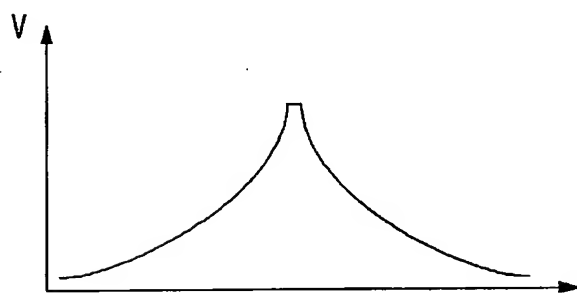


【図 12】

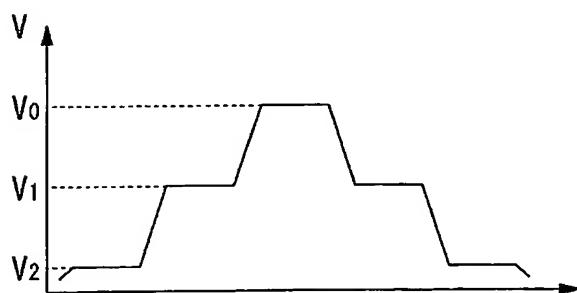
(a)



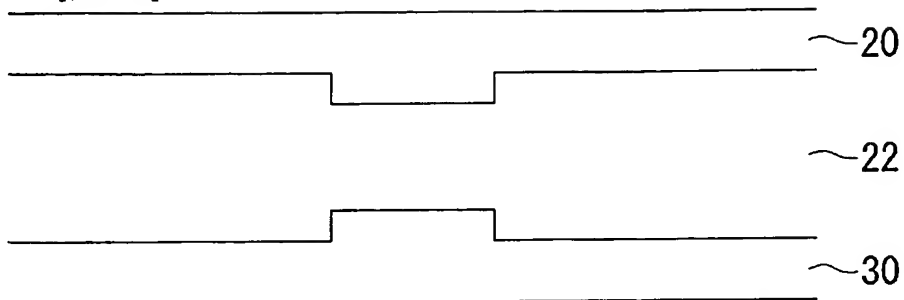
(b)



(c)

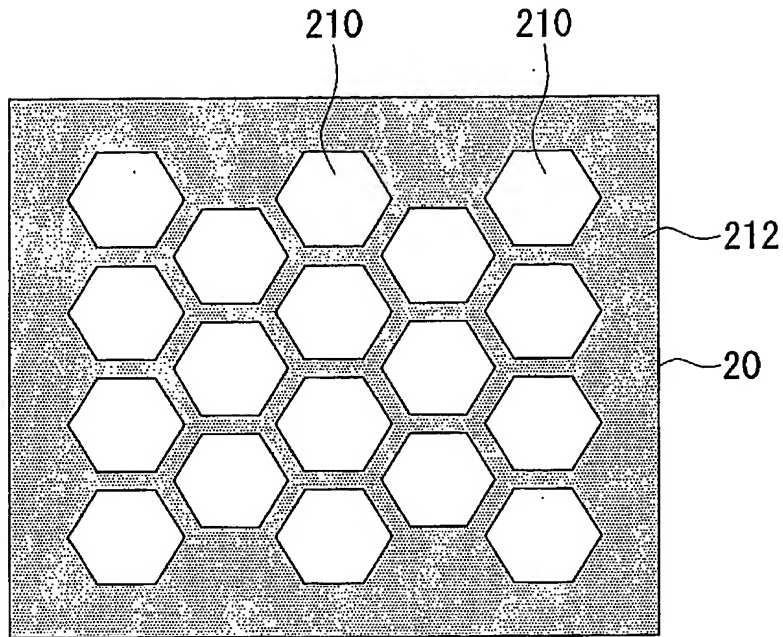


【図 13】

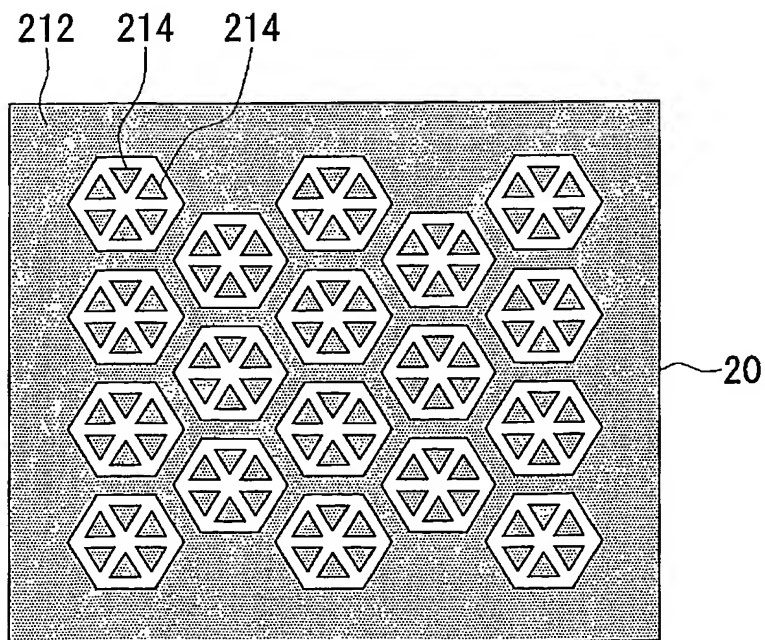


【図 14】

(a)

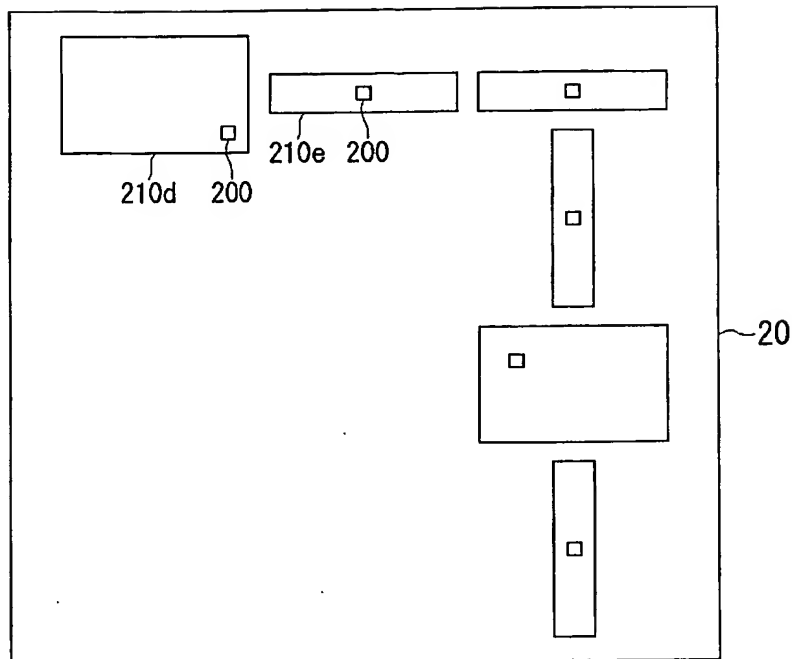


(b)

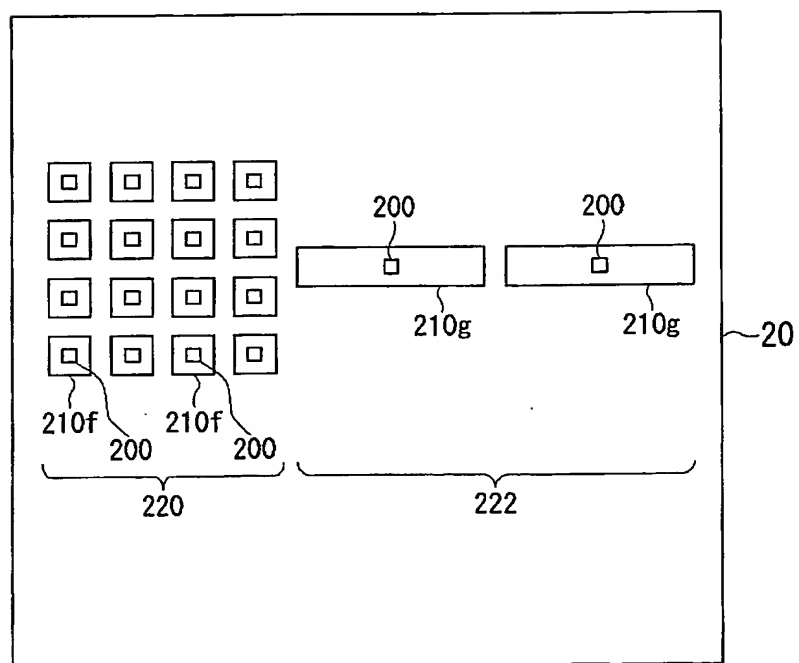


【図 15】

(a)

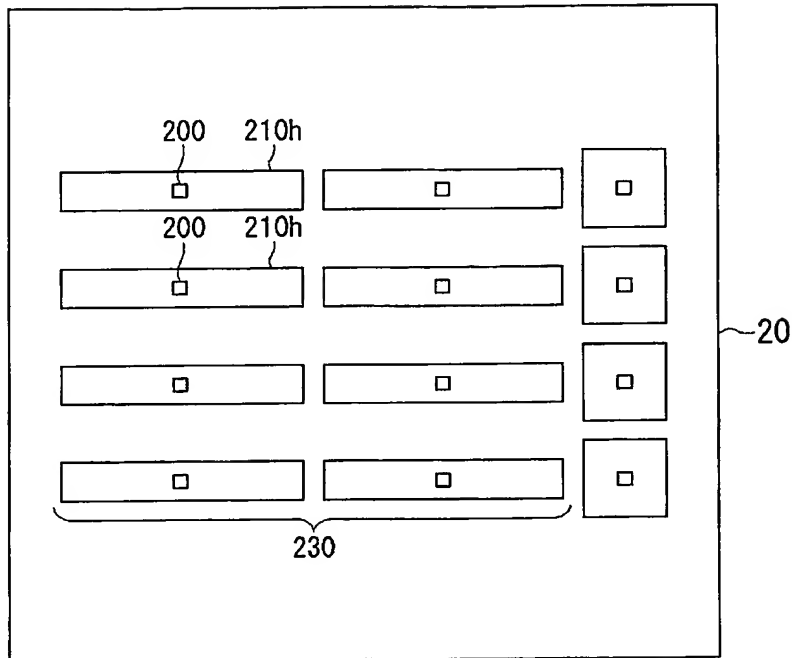


(b)

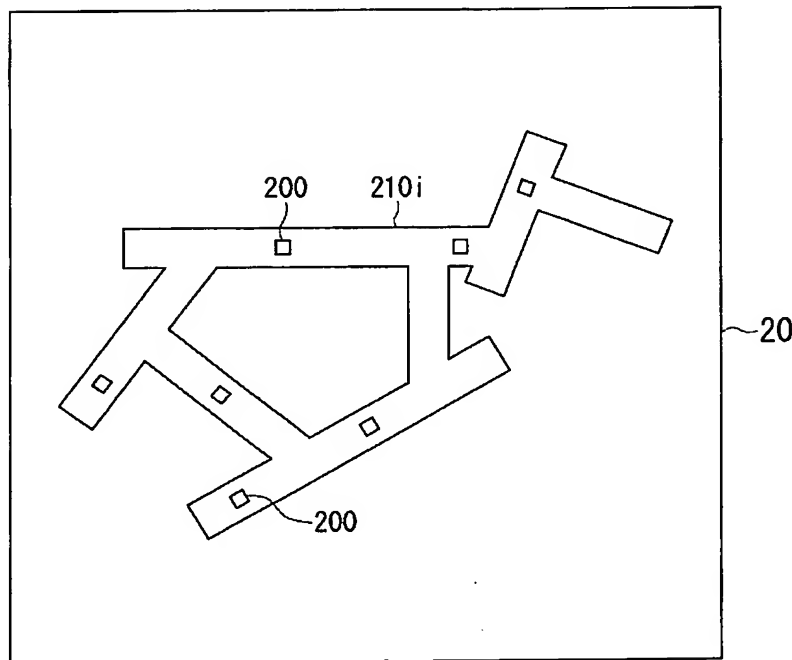


【図 16】

(a)

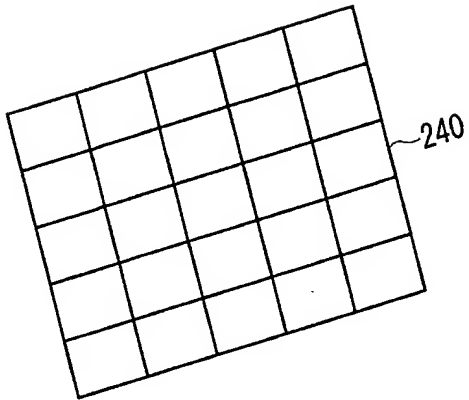


(b)

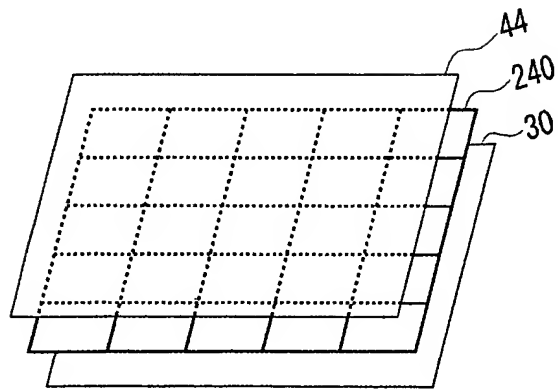


特願2003-284582

【図17】
(a)

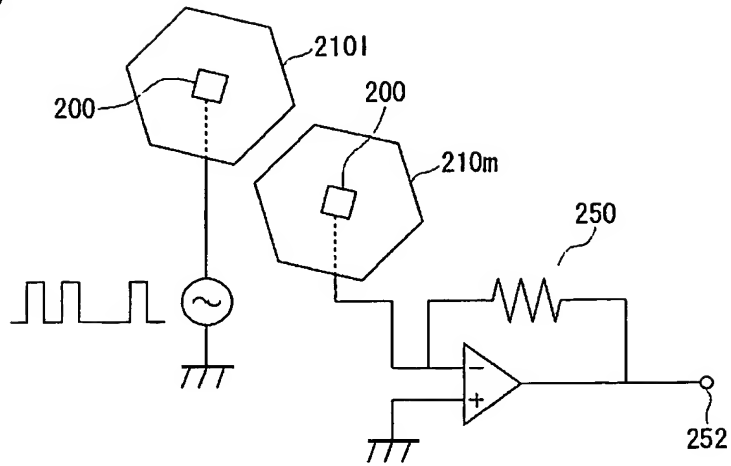


(b)

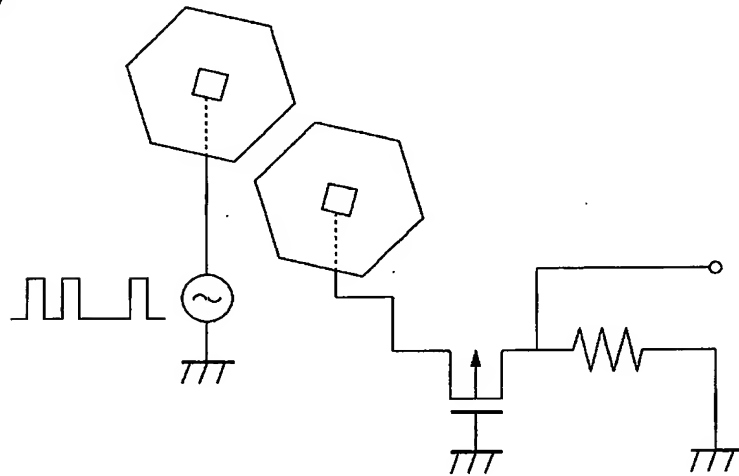


【図 18】

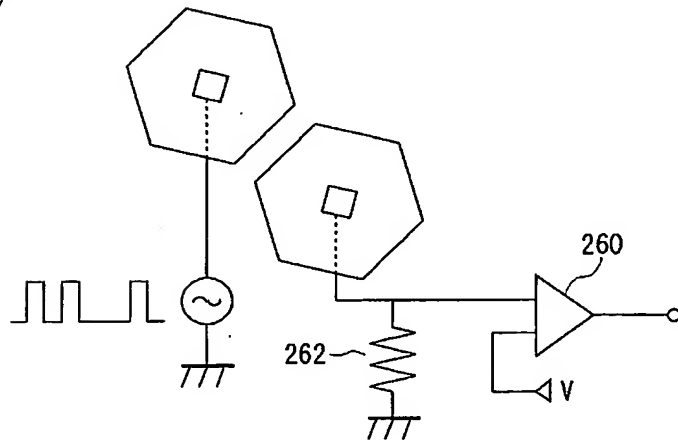
(a)



(b)

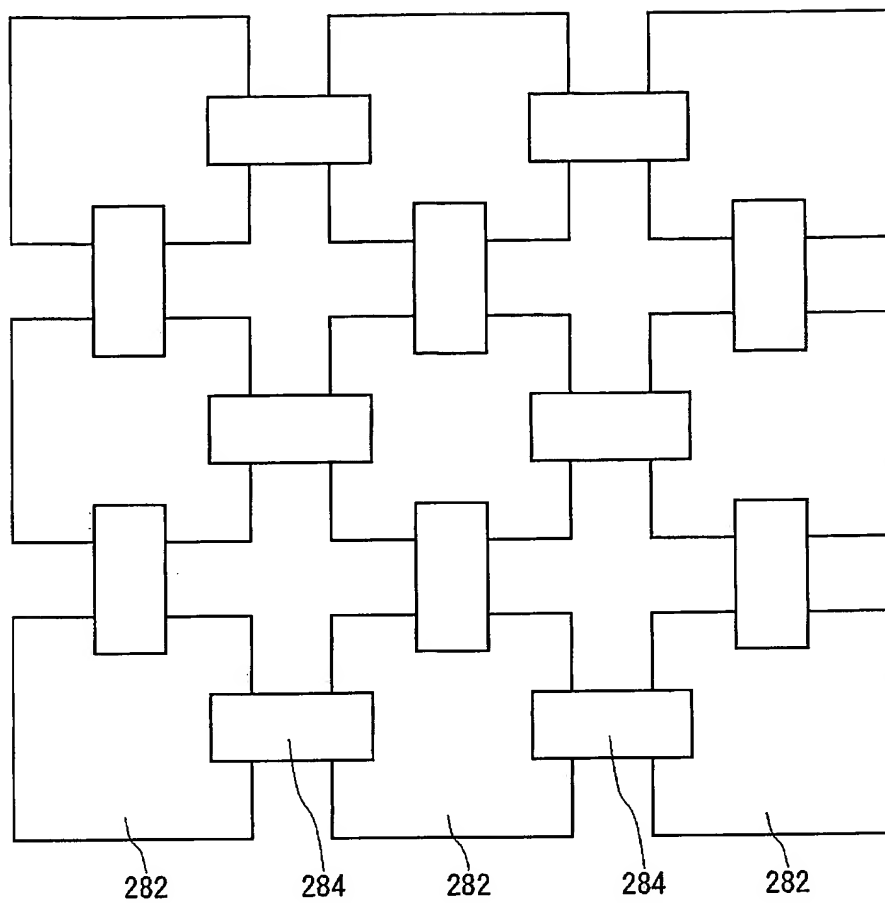


(c)

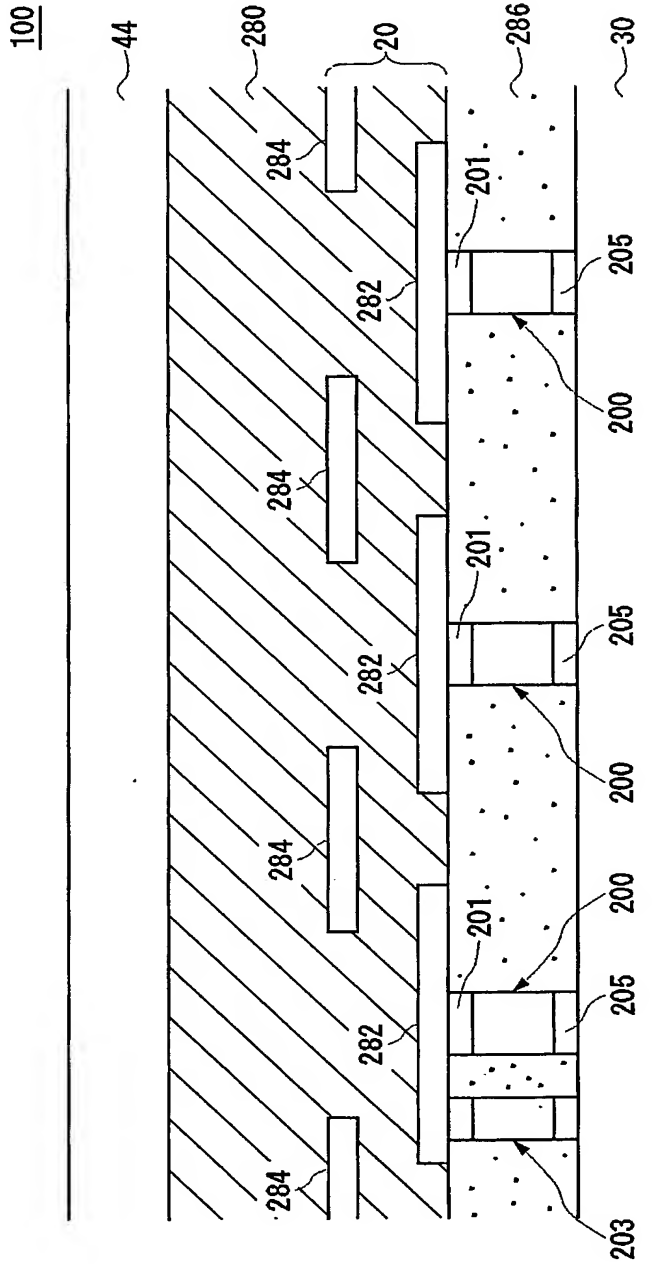


【図 19】

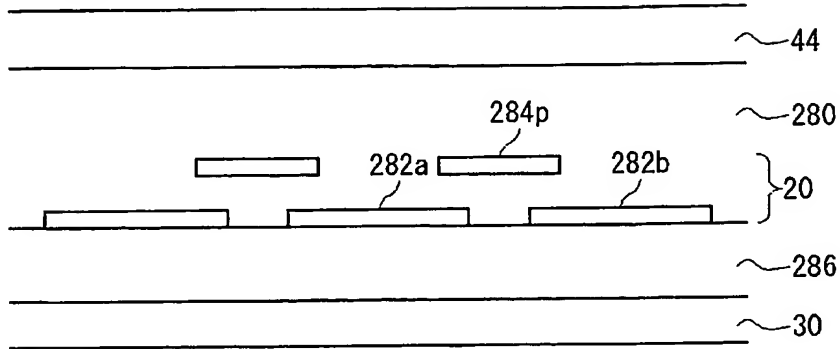
20



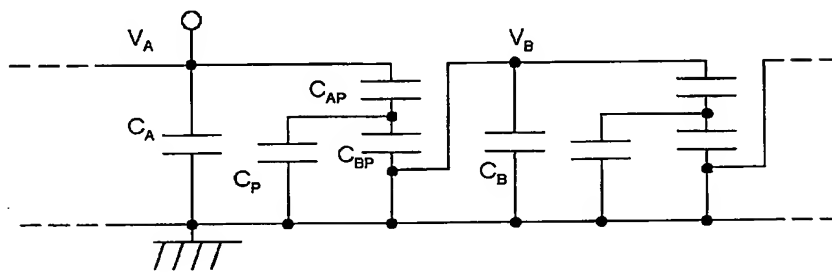
【図 20】



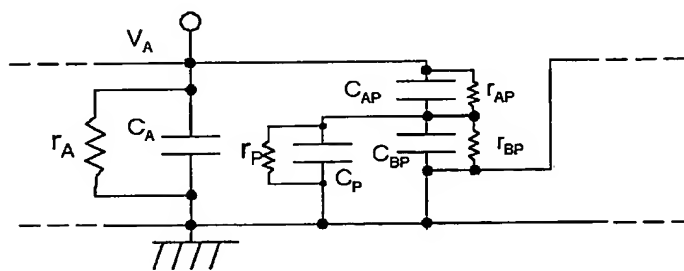
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 信号伝達の信頼性を向上する通信装置を提供する。

【解決手段】 本発明による通信装置 100 は、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に接続した複数の通信素子 200 を備える。第 1 信号層 20 は、通信素子 200 と接続する低抵抗領域 282 と、高抵抗層 280 を介して低抵抗領域 282 に容量結合する容量結合用導体 284 とを備え、通信素子 200 間の信号伝達が容量結合用導体 284 を介して行われるようにする。これにより、通信信号の周波数が通信の信頼性に与える影響を低減することができ、また高抵抗層 280 などの抵抗値も厳密にコントロールする必要がないことから、製造容易な通信装置 100 を実現できる。

【選択図】 図 20

特願 2003-284582

出願人履歴情報

識別番号

[503054096]

- | | |
|----------|-----------------|
| 1. 変更年月日 | 2003年 2月 7日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区六番町10-2 |
| 氏 名 | 株式会社セルクロス |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2004年 6月25日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都墨田区亀沢4-14-16 |
| 氏 名 | 株式会社セルクロス |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.